УДК 004.386+616.36

С.М. Селякова
Донецкий национальный технический университет, Украина
Украина, 83050, г. Донецк, пр. Богдана Хмельницкого, 84

Синтез экспертной системы оценки тяжести протекания вирусного гепатита

S.M. Selyakova
Donetsk National Technical University, Ukraine
Ukraine, 83050, c. Donetsk, Bogdana Khmelnitskogo av., 84

Synthesis of Viral Hepatitis Severeness Estimation Expert System

С.М. Селякова
Донецький національний технічний університет, Україна
Україна, 83050, м. Донецьк, пр. Богдана Хмельницького, 84

Синтез експертної системи оцінювання тяжкості перебігу вірусного гепатиту

Статья посвящена разработке структуры экспертной системы оценки тяжести протекания вирусного гепатита у детей и её базы знаний на основе методов математического моделирования и нечёткой логики.
Ключевые слова: экспертная система, база знаний, медицинская диагностика, нечёткий вывод, вирусный гепатит.

The article is devoted to the development of the structure of the expert system of evaluation the severity of viral hepatitis in children and its knowledge base on the basis of mathematical modeling and fuzzy logic.
Key words: expert system, knowledge base, medical diagnostics, fuzzy inference, viral hepatitis.

Стаття присвячена розробці структури експертної системи оцінювання тяжкості перебігу вірусного гепатиту у дітей і її бази знань на основі методів математичного моделювання та нечіткої логіки.
Ключові слова: експертна система, база знань, медична діагностика, нечіткий вивід, вірусний гепатит.

Распространение ***вирусного гепатита (ВГ)*** в последние десятилетия привлекло внимание учёных различных направлений: вирусологов, иммунологов, биохимиков, инфекционистов, эпидемиологов и т.д., которые занимаются вопросами этиологии и патогенеза гепатита, разрабатывают и внедряют в практику новые методы исследований, позволяющие более полно оценить степень поражения печени при этом заболевании. Актуальными на сегодняшний день остаются вопросы оценки тяжести вирусного гепатита, течения и исходов заболевания, определения особенностей его протекания в возрастном аспекте, оценки эффективности методов его лечения, а также прогнозирование заболевания. Наиболее тяжёлой формой вирусного гепатита является гепатодистрофия или «острый некроз печени», который в настоящее время является, практически, единственной причиной смерти у детей при вирусном гепатите. Успешное лечение таких больных полностью зависит от ранней диагностики некроза печени, что в практической работе представляет большие трудности, особенно у

детей первого года жизни, у которых глубина и распространённость некробиотических процессов в печени не всегда соответствуют выраженности клинических проявлений и степени нарушения функциональных проб печени [1].

Приведённые задачи относятся к типу плохо формализуемых задач, так как обладают следующими особенностями: ошибочностью, неоднозначностью, неполнотой и противоречивостью исходных данных и знаний о проблемной области, которые также динамически меняются. Как правило, решением таких задач занимаются специалисты-эксперты на основе своего опыта и знаний. В связи с этим возникает естественное желание передать это умение ЭВМ, зафиксировать это умение в специальных системах с целью повышения качества и обоснованности решения соответствующих задач. Тем более при передаче эксперту подробной информации о состоянии больного, а также при её обработке и анализе, происходит недопустимая потеря времени, а от своевременности назначения правильного лечения зависит исход протекания болезни.

Цель данной статьи – разработать структуру ***экспертной системы оценки тяжести протекания вирусного гепатита (ЭСОТПВГ)*** у детей и сформировать её базу знаний.

Основные результаты исследования

ЭСОТПВГ предназначена для решения следующих *задач*:

1) оценка тяжести протекания вирусного гепатита;
2) определение темпа функционального восстановления печени;
3) ранняя диагностика гепатодистрофии печени у детей.

В состав экспертной системы входят следующие компоненты: интерфейс, база данных, база знаний, интерпретатор (решатель задач), модуль обучения системы и блок моделирования (рис. 1).

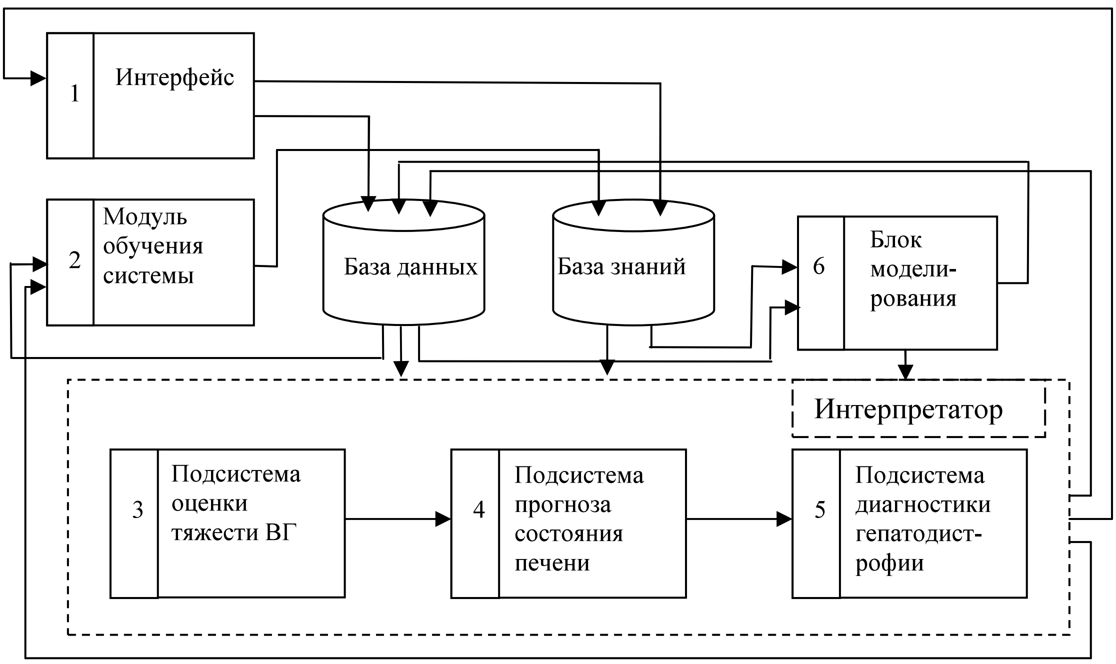


Рисунок 1 – Структурная схема ЭСОТПВГ

В качестве ***входных данных*** системы выступают следующие показатели:

– пол больного;

– возраст больного;

– период времени от начала заболевания, в днях;

– тип течения болезни (острое, затяжное, хроническое);

– «общие» симптомы;

– «местные» симптомы;

– биохимические показатели.

К «общим» симптомам относится следующее:

1 Психомоторное возбуждение (вялость, адинамия, кратковременное беспокойство; постоянное беспокойство, вскрикивание, сонливость; потеря сознания, судороги, инверсия сна).

2 Рвота (позывы на рвоту, единичные срыгивания, однократная рвота; повторная рвота; многократная рвота).

3 Геморрагический синдром (единичные геморрагии на коже, носовые кровотечения; множественные геморрагии; кровотечения из мест инъекций, рвота «кофейной гущей»).

4 Частота пульса (брадикардия; тахикардия).

5 Частота дыхания (учащённое дыхание; дыхание типа Чейн-Стокса или Куссмауля).

6 Температура (подъём температуры до 38^0; подъём температуры до 39^0; стойкая гипертермия).

7 Аппетит (немного сниженный; нет аппетита).

8 Диурез (умеренное снижение диуреза; олигурия; анурия).

9 Состояние рефлексов (брюшные рефлексы не вызываются; зрачки замедленно реагируют на свет; зрачки не реагируют на свет, нет реакции на болевые раздражители).

К «местным» симптомам относятся такие показатели:

1. Состояние печени (размеры печени увеличены; размеры печени сокращаются; симптом «пустого подреберья»).

2. Вздутие живота (небольшой метеоризм; выраженный метеоризм; парез кишечника).

3. Печёночный запах (слабый печёночный запах изо рта; выраженный печёночный запах).

К биохимическим показателям относятся: содержание свободного билирубина, мг%; содержание связанного билирубина, мг%; активность фруктоза-1-фосфатальдолазы, ед.; содержание β -липопротеидов, ед.

Выходные данные системы следующие:

– форма ВГ (лёгкая, среднетяжёлая, тяжёлая);

– темп функционального восстановления печени (ускоренный, нормальный, замедленный);

– наличие гепатодистрофии и её форма при наличии.

Одним из основных компонентов ЭСОТПВГ выступает *интерпретатор* (решатель задач), в функции которого входит решение задач системы.

Алгоритмы решения задач системы встроены в три его подсистемы: оценки тяжести ВГ (блок 3), прогноза состояния печени (блок 4) и диагностики гепатодистрофии (блок 5).

Предназначением *модуля обучения* системы является усовершенствование моделей и правил системы в результате учёта новых данных об обследовании пациентов разных возрастов и тяжести протекания заболевания.

Блок моделирования предназначен для осуществления прогноза показателей, характеризующих состояние печени больного. Результаты работы этого блока используются при решении задачи прогноза темпа функционального восстановления печени.

Сердцевиной ЭСОТПВГ является её ***база знаний***, в которой хранятся совокупности единиц знаний, что представляют собой формализованное отображение процесса функционального восстановления печени при лечении ВГ, а также процедур решения задач, поставленных перед системой. С целью учёта характера поставленных задач и особенностей процесса восстановления клеток печени структура базы знаний сформирована в виде двух уровней знаний: *нижнем* и *верхнем*. На нижнем уровне содержатся следующие модули: аналитические модели расчёта биохимических и клинических индексов, динамическая модель прогноза темпа восстановления печени и нечёткая модель диагностики гепатодистрофии печени. На верхнем уровне базы знаний содержатся модули, содержащие алгоритмы решения поставленных задач, а именно: алгоритм оценки тяжести протекания ВГ, алгоритм прогноза темпа восстановления печени и алгоритм диагностики гепатодистрофии.

Рассмотрим аналитические модели расчёта индексов $\varphi_b, \varphi_k, \varphi_т$, которые позволяют оценить тяжесть протекания ВГ [1].

Биохимический индекс φ_b оценки функционального состояния печени вычисляется по формуле:

$$\varphi_b = c_1(b - b_0) + c_2(B - B_0) + c_3(f - f_0) + c_4(\beta - \beta_0)\,, \quad (1)$$

где b и B – свободная и связанная фракции билирубина; f – активность ф-1-фа; β – содержание β-липопротеидов; b_0, B_0, f_0, β_0 – нормы соответствующих биохимических показателей; c_1, c_2, c_3, c_4 – коэффициенты.

Клинический индекс φ_k характеризует степень выраженности клинических симптомов на высоте заболевания, при этом φ_k =1 соответствует лёгкой форме заболевания; φ_k =2 – среднетяжёлой; φ_k =3 – тяжёлой форме ВГ; значение же с 1,5 до 2 соответствует лёгкой форме с переходом в среднетяжёлую, а с 2,5 до 3 – среднетяжёлой с переходом в тяжёлую форму ВГ.

Для удобства работы с формулой каждый клинический симптом, входящий в формулу, обозначен таким образом: В – вялость, А – снижение аппетита, Р – рвота, И – иктеричность кожи и склер, П – увеличение размеров печени, Г – геморрагический синдром, Б – беспокойство. Выраженность клинических симптомов оценивается следующей градацией: 0 – симптом отсутствует, 1 – выражен слабо, 2 – умеренно и 3 – резко. Для симптома «увеличение размеров печени» даём уточнение: 0 – в пределах нормы, 1 – выступает ниже края рёберной дуги до 1,5 см, 2 – до 3 см, 3 – свыше 3 см.

Формула для расчёта клинического индекса следующая:

$$\varphi_k = 0{,}25(В + А + Р + И + П + Г + Б)\,. \quad (2)$$

Таким образом, клиническое состояние больного можно оценить посредством вычисления клинического индекса φ_k, а степень функционального нарушения пече-

ни – через биохимический индекс φ_b, а для вычисления обобщённого оценочного критерия будем использовать индекс тяжести φ_T, который находится из выражения:

$$\varphi_T = 0{,}25\varphi_k + 0{,}75\varphi_b . \qquad (3)$$

Отметим, что вычисление индекса тяжести φ_T в острый период ВГ у детей помогает правильно оценить тяжесть заболевания, особенно в случаях, когда отмечается несоответствие между выраженностью клинической симптоматики и степенью функционального поражения печени.

Рассмотрим динамическую модель прогноза темпа восстановления печени.

Анализ динамики биохимического индекса позволил установить ряд важных закономерностей процесса функционального восстановления печени при ВГ у детей [1]. Оказалось, что при гладком течении заболевания процесс восстановления может быть охарактеризован с помощью «универсальной кривой» изменения относительного биохимического индекса (V) в зависимости от промежутка времени, прошедшего от разгара заболевания (τ). Эта «универсальная кривая» ($V(\tau)$) практически не зависит от возраста и тяжести заболевания и может быть аппроксимирована для расчётов экспонентой $e^{-A\tau}$, где A – средний темп функционального восстановления печени. На величину темпа восстановления у конкретного больного могут влиять его индивидуальные особенности, сопутствующие и интеркурентные заболевания и другие факторы.

Будем использовать вероятностную модель процесса функционального состояния печени при гладком течении ВГ:

$$\frac{d\varphi}{dt} = -\left[A + X(t)\right]\varphi, \qquad (4)$$

где $X(t)$ – центрированный стационарный случайный процесс с равномерным спектром («белый шум»).

Допущение в том, что случайные отклонения темпа функционального восстановления печени от своего среднего значения при гладком течении ВГ можно считать «белым шумом», согласуется с представлением этих отклонений в виде суммы большого числа независимых кратковременных элементарных отклонений. Интегрируя (4) по промежутку времени $\left[t_0, t_0 + T\right]$, получим

$$\varphi(t_0 + T) = \varphi(t_0)e^{-AT-YT}, \qquad (5)$$

где

$$Y(T) = \int_{t_0}^{t_0+T} X(t)dt \; - \qquad (6)$$

однородный нормальный случайный процесс с независимыми приращениями; стохастический интеграл (6); t_0 – выбранный начальный момент времени (в периоде восстановления); T – время восстановления.

Для получения более корректных результатов решения и учёта таких особенностей задачи диагностики гепатодистрофии, как ошибочность, неоднозначность, неполнота и противоречивость исходных данных и знаний о проблемной области, актуально применение методов теории нечётких множеств и нечёткой логики.

Сформулируем *постановку задачи моделирования*: разработать нечёткую модель диагностики гепатодистрофии, которая позволит оценить состояние больного на основе имеющихся симптомов заболевания и биохимических показателей оценки тяжести заболевания.

Таким образом, назначением нечёткой модели диагностики гепатодистрофии является оценивание состояния больного в различные периоды гепатодистофии и более объективное определение тяжёлой формы без гепатодистрофии, начальный период гепатодистрофии, период прекомы и печёночной комы.

Рано диагностировать все указанные состояния принципиально важно, так как при своевременной интенсивной терапии тяжёлая форма гепатита может иметь благоприятный исход и в случаях начинающейся гепатодистрофии.

Нечёткая модель диагностики гепатодистрофии разработана в виде системы нечёткого вывода, основными этапами которого являются [2]: формирование базы правил, фаззификация входных переменных, агрегирование подусловий, активизация подзаключений, аккумулирование заключений.

Входными данными для задачи диагностики гепатодистрофии являются:

1) обобщённый показатель «общих» симптомов (A);

2) обобщённый показатель «местных» симптомов (C);

3) биохимический индекс тяжести (φ_T).

Выходным показателем является степень выраженности гепатодистрофии W .

Входные и выходные показатели представлены в виде лингвистических переменных с тремя термами, функции принадлежности которых заданы в виде Z – образной, треугольной и S-образной функций соответственно. База нечётких правил состоит из 27 правил.

Для определения количественного значения степени выраженности гепатодистрофии применяется метод дефаззификации по центру тяжести. Нечёткая модель реализована в среде MATLAB.

Анализ структуры ЭСОТПВГ позволил выявить основные характеристики системы, к которым отнесём:

1. Система предназначена для анализа и прогноза данных, а также решения задач поддержки принятия решений.

2. По способу формирования решений – синтетическая система, т.е. система, которая генерирует неизвестные решения.

3. По способу учёта временного признака – динамическая, т.е. система, которая решает задачи на основе данных и знаний, что изменяются в течение времени.

4. По видам данных и знаний, что используются, – система с детерминировано-стохастическими знаниями.

5. По типам методов и знаний, что используются, – гибридная система, т.е. система, которая использует совместно следующие методы: инженерии знаний, нечёткой логики и различные математические методы моделирования и расчётов.

6. Система предназначена для решения класса задач доопределения и преобразования. Для неё характерны такие проблемные области, как прогнозирование и мониторинг.

Таким образом, ЭСОТПВГ является гибридной динамической экспертной системой, применение которой позволит повысить эффективность процессов оценки тяжести протекания вирусного гепатита, прогноза темпа функционального восстановления печени и ранней диагностики гепатодистрофии печени у детей.

Литература

1. Математические методы в клинической практике / [под ред. Г.И. Марчук, Н.И. Нисевич]. – Новосибирск : Изд. «Наука», 1978. – 120 с.
2. Леоненков А.В. Нечёткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / Леоненков А.В. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.

Literatura

1. Mathematical methods in clinical practice / [edited by G.I. Marchuk, N.I. Nisevich]. – Novosibirsk : Publishing House «Science», 1978. – 120 p.
2. Leonenkov A.V. Fuzzy modeling in the environment MATLAB and fuzzyTECH / Leonenkov A.V. – St. Petersburg : BHV-Petersburg, 2005. – 736 p.

RESUME

S.M. Selyakova

Synthesis of Viral Hepatitis Severeness Estimation Expert System

In the article the structural scheme of the viral hepatitis severeness estimation expert system is considered. The knowledge base of the system is developed basing on the results of scientific research shown in the source [1]. The purpose of of the system is the decision-support in the prognosing of liver functional recovery process and early hepatosis diagnosing.

The description of analytical models of estimation of biochemical and clinical parameters of illness severeness is given. The dynamical probabilistic model of prognosing of liver functional recovery speed taking into account patient background is shown. The fuzzy model of child hepatosis diagnosing is developed.The model will allow the promptly estimation of a patient status basing on present symptoms and biochemicalparameters of illness severeness estimation.

Статья поступила в редакцию 09.04.2013.